

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

08.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 2 月 1 2 日
Date of Application:

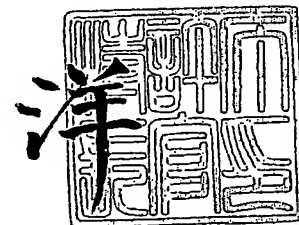
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 4 1 5 6 8 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 4 1 5 6 8 6]

出 願 人 トヨタ自動車株式会社
Applicant(s):

2 0 0 5 年 1 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 1 2 3 1 5 4

【書類名】 特許願
【整理番号】 030888JP
【提出日】 平成15年12月12日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 F01L 9/04
F01L 3/00

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 日下 康

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 浅田 俊昭

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 江崎 修一

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 辻 公壽

【特許出願人】
【識別番号】 000003207
【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】
【識別番号】 100099645
【弁理士】
【氏名又は名称】 山本 晃司
【電話番号】 03-5524-2323

【選任した代理人】
【識別番号】 100104765
【弁理士】
【氏名又は名称】 江上 達夫
【電話番号】 03-5524-2323

【選任した代理人】
【識別番号】 100107331
【弁理士】
【氏名又は名称】 中村 聡延
【電話番号】 03-5524-2323

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 131913
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

電動機の回転運動をカムにより直線運動に変換し、その直線運動により気筒の弁を開閉駆動する内燃機関の動弁装置において、

前記弁のリフト中に前記カムの回転方向を切り替える揺動駆動モードにて前記電動機を動作させることが可能な電動機制御手段を具備し、前記電動機制御手段は、前記揺動駆動モードにて前記弁のリフト開始前に前記カムが回転を開始するように前記電動機の動作を制御する揺動制御手段を備えていることを特徴とする内燃機関の動弁装置。

【請求項 2】

前記揺動制御手段は、前記弁のリフト開始時における前記カムの回転速度が、前記内燃機関の機関出力軸の回転速度を吸気行程の開始から排気行程の終了までの間の当該機関出力軸の回転数で除して得られる基本速度よりも高速となるように前記揺動駆動モードにおける前記カムの回転速度を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の動弁装置。

【請求項 3】

前記揺動制御手段は、前記弁のリフト中に前記カムの回転方向を切り替えた後は、次のリフト中の切り替え時まで前記カムを同一方向に回転させることにより、前記カムのノーズに対する両側を交互に使用して前記弁をリフトさせることを特徴とする請求項 1 に記載の動弁装置。

【請求項 4】

電動機の回転運動をカムにより直線運動に変換し、その直線運動により気筒の弁を開閉駆動する内燃機関の動弁装置において、

前記カムを一方向に連続的に回転させる正転駆動モードにて前記電動機を動作させることが可能な電動機制御手段を具備し、前記電動機制御手段は、前記正転駆動モードにて前記弁のリフト開始前に前記カムの回転数を変化させて前記弁の作用角を変化させる正転制御手段を備えていることを特徴とする内燃機関の動弁装置。

【請求項 5】

前記正転制御手段は、前記弁のリフト開始前において、前記内燃機関の機関出力軸の回転速度を吸気行程の開始から排気行程の終了までの間の当該機関出力軸の回転数で除して得られる基本速度と異なる所定速度まで前記カムの回転速度を変化させ、前記弁のリフト中は前記カムを前記所定速度で回転させることを特徴とする請求項 4 に記載の動弁装置。

【請求項 6】

電動機の回転運動をカムにより直線運動に変換し、その直線運動により気筒の弁を開閉駆動する内燃機関の動弁装置において、

前記カムを一方向に連続的に回転させる正転駆動モード及び前記弁のリフト中に前記カムの回転方向を切り替える揺動駆動モードのそれぞれで前記電動機を動作させることが可能な電動機制御手段を具備し、前記電動機制御手段は、前記揺動駆動モードと前記正転駆動モードとの切替時に、前記弁のリフト量を積分して得られる時間面積が前記モードの切替の前後で略一致するように前記揺動駆動モード又は前記正転駆動モードの少なくともいずれか一方における前記電動機の動作を制御する切替制御手段を備えていることを特徴とする内燃機関の動弁装置。

【請求項 7】

前記切替制御手段は、前記揺動駆動モードにおける前記弁の最大リフト量が前記モードの切替時に近いほど増加するように前記揺動駆動モードの前記電動機の動作を制御することを特徴とする請求項 6 に記載の動弁装置。

【請求項 8】

前記切替制御手段は、前記最大リフト量の増加に伴って前記内燃機関のスロットル弁の開度が減少するように該スロットル弁の開度を制御することを特徴とする請求項 7 に記載の動弁装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】動弁装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の吸気弁や排気弁を駆動する動弁装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般の内燃機関の吸気弁及び排気弁は、内燃機関のクランク軸から取り出された動力によって開閉駆動されている。近年では電動機によって吸気弁や排気弁を開閉駆動することが試みられている。例えば、カム軸をステッピングモータで回転駆動して吸気弁を開閉させる動弁装置が提案されている（特許文献1）。その他に、本発明に関する先行技術文献として特許文献2が存在する。

【特許文献1】特開平8-177536号公報

【特許文献2】特開昭59-68509号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

電動機を用いた弁駆動では、内燃機関のクランク軸の回転速度や回転方向とは切り離してカムを駆動することができるので制御の自由度が高く、従来の機械的な動弁装置では不可能であった様々な動弁特性を実現し得る。しかしながら、応答性の改善といった性能向上に適した具体的な制御方法についてはこれまで明らかにされていない。

【0004】

そこで、本発明は、電動機により弁の動作を適切に制御して性能向上を図ることが可能な内燃機関の動弁装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の第1の動弁装置は、電動機の回転運動をカムにより直線運動に変換し、その直線運動により気筒の弁を開閉駆動する内燃機関の動弁装置であって、前記弁のリフト中に前記カムの回転方向を切り替える揺動駆動モードにて前記電動機を動作させることが可能な電動機制御手段を具備し、前記電動機制御手段は、前記揺動駆動モードにて前記弁のリフト開始前に前記カムが回転を開始するように前記電動機の動作を制御する揺動制御手段を備えている（請求項1）。

【0006】

この動弁装置によれば、弁のリフト開始位置から電動機を回転させる場合と比較してリフト開始時におけるカムの初速度が高くなり、その結果、弁のリフト速度が高くなって吸気弁のリフト量が早期に上昇する。これにより弁のリフト量を積分して得られる時間面積が増加し、吸気又は排気の効率を高めることができる。

【0007】

第1の動弁装置において、前記揺動制御手段は、前記弁のリフト開始時における前記カムの回転速度が、前記内燃機関の機関出力軸の回転速度を吸気行程の開始から排気行程の終了までの間の当該機関出力軸の回転数で除して得られる基本速度よりも高速となるように前記揺動駆動モードにおける前記カムの回転速度を制御してもよい（請求項2）。この状態によれば、カムを同一方向へ一定速度で回転させて弁を駆動する場合と比較して、リフト開始時のカムの初速度をより高速に設定できる。これにより、弁が開く際のリフト速度を十分に大きくして上述した時間面積をさらに拡大することができる。

【0008】

第1の動弁装置において、前記揺動制御手段は、前記弁のリフト中に前記カムの回転方向を切り替えた後は、次のリフト中の切り替え時まで前記カムを同一方向に回転させることにより、前記カムのノーズに対する両側を交互に使用して前記弁をリフトさせてもよい（請求項3）。このようにカムを動作させた場合には、カム及びモータの回転方向の切

り替え頻度を減らし、回転の停止や回転方向の切り替えに起因する動弁系の各種の部品に対する油膜の乱れを抑え、潤滑性能を向上させることができる。それにより、動弁系部品の摩擦抵抗を抑え、電動機をより小さい負荷で駆動でき、定格トルクが小さいコンパクトな電動機を使用できる。カムの偏摩耗も防止される。

【0009】

本発明の第2の動弁装置は、電動機の回転運動をカムにより直線運動に変換し、その直線運動により気筒の弁を開閉駆動する内燃機関の動弁装置であって、前記カムを一方向に連続的に回転させる正転駆動モードにて前記電動機を動作させることが可能な電動機制御手段を具備し、前記電動機制御手段は、前記正転駆動モードにて前記弁のリフト開始前に前記カムの回転数を変化させて前記弁の作用角を変化させる正転制御手段を備えている（請求項4）。この動弁装置によれば、リフト開始時にカムに様々な速度を与えることにより、作用角を拡大又は縮小して内燃機関の吸気又は排気特性を様々なに変化させることができる。

【0010】

第2の動弁装置の前記正転制御手段は、前記弁のリフト開始前において、前記内燃機関の機関出力軸の回転速度を吸気行程の開始から排気行程の終了までの当該機関出力軸の回転数で除して得られる基本速度と異なる所定速度まで前記カムの回転速度を変化させ、前記弁のリフト中は前記カムを前記所定速度で回転させてもよい（請求項5）。

【0011】

カムを一方向に高速で回転させた場合、弁のリフト中は慣性の影響でカムの回転速度を十分に变化させることができないおそれがある。そのような場合、リフト開始前に所定速度までカムを加速又は減速させておき、リフト中は所定速度でカムを回転させることにより、目標とする作用角を確実に実現することができる。

【0012】

本発明の第3の動弁装置は、電動機の回転運動をカムにより直線運動に変換し、その直線運動により気筒の弁を開閉駆動する内燃機関の動弁装置であって、前記カムを一方向に連続的に回転させる正転駆動モード及び前記弁のリフト中に前記カムの回転方向を切り替える揺動駆動モードのそれぞれで前記電動機を動作させることが可能な電動機制御手段を具備し、前記電動機制御手段は、前記揺動駆動モードと前記正転駆動モードとの切替時に、前記弁のリフト量を積分して得られる時間面積が前記モードの切替の前後で略一致するように前記揺動駆動モード又は前記正転駆動モードの少なくともいずれか一方における前記電動機の動作を制御する切替制御手段を備えている（請求項6）。

【0013】

この動弁装置によれば、時間面積を略一致させた状態でカムの駆動モードを揺動駆動モードと正転駆動モードとの間で切り替えているので、切り替えの前後で吸気又は排気効率の変化を防止し、円滑なモード切替を実現してドライバビリティの悪化を防ぐことができる。

【0014】

第3の動弁装置において、前記切替制御手段は、前記揺動駆動モードにおける前記弁の最大リフト量が前記モードの切替時に近いほど増加するように前記揺動駆動モードの前記電動機の動作を制御してもよい（請求項7）。正転駆動モードでは最大リフト量が一定であるが、揺動駆動モードではカムの回転角度を変化させることにより弁の最大リフト量を変化させることができる。しかも、カムの回転速度を変化させることにより作用角も任意に設定することができる。従って、正転駆動モードと比較して弁の時間面積を比較的容易に調整して正転駆動モードにおける時間面積と一致させることができる。

【0015】

さらに、前記切替制御手段は、前記最大リフト量の増加に伴って前記内燃機関のスロットル弁の開度が減少するように該スロットル弁の開度を制御する（請求項8）。最大リフト量を増加させて時間面積を増加させた場合、それを補うようにスロットル弁の開度を減少させることにより吸気又は排気の効率の変化を抑えることができる。特に吸気弁を駆動

する場合においては、揺動駆動モードにおいて最大リフト量を小さく制限しつつスロットル弁の開度を増加させることにより、吸気のポンピングロスを抑えられる利点がある。

【発明の効果】

【0016】

以上に説明したように、本発明の第1の動弁装置によれば、揺動駆動モードにて弁のリフト開始前にカムの回転を開始させることにより、リフト開始時におけるカムの初速度を上昇させて揺動駆動モードにおける弁の時間面積を十分に確保できる。また、第2の動弁装置によれば、正転駆動モードにおいてリフト開始前にカムの回転速度を変化させることにより弁の作用角を目的に応じて適宜に増加又は減少させることができる。さらに、第3の動弁装置によれば、カムの駆動モードの切替時における吸気又は排気効率の変化を抑えて駆動モードの切り替えを円滑に行い、ドライバビリティの悪化を防ぐことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

図1は本発明の動弁装置の一形態を示している。図1の動弁装置11A、11Bは4サイクルの多気筒レシプロ式内燃機関に組み込まれる。内燃機関の一つのシリンダ1には、シリンダ1を開閉する弁手段として、吸気弁2及び排気弁3が2本ずつ設けられており、2本の吸気弁（弁手段）2は共通の動弁装置11Aにて駆動され、排気弁（弁手段）3は別の動弁装置11Bにてそれぞれ開閉駆動される。図示を省略した他のシリンダに関しても同様に吸気弁及び排気弁が互いに異なる動弁装置11A、11Bにて開閉駆動される。吸気側の動弁装置11Aと排気側の動弁装置11Bとは基本的に同一の構成を有しており、以下では吸気側の動弁装置11Aについて説明する。

【0018】

吸気側の動弁装置11Aは、駆動源としての電動機（以下、モータと呼ぶ。）12と、モータ12の回転運動を伝達する伝達機構としてのギア列13と、ギア列13から伝達された回転運動を吸気弁2の直線的な開閉運動に変換するカム機構14とを備えている。モータ12には、回転速度の制御が可能なDCブラシレスモータ等が使用される。モータ12には、その回転位置を検出するためのレゾルバ、ロータリエンコーダ等の位置検出センサ12aが内蔵されている。ギア列13は、モータ12の出力軸（不図示）に取り付けられたモータギア15の回転を中間ギア16を介してカム駆動ギア17に伝達する。ギア列13はモータギア15とカム駆動ギア17とが互いに等しい速度で回転するように構成されてもよいし、モータギア15に対してカム駆動ギア17を増速又は減速させるように構成されてもよい。

【0019】

図2にも示したように、カム機構14は、カム駆動ギア17と同軸かつ一体回転可能に設けられたカム軸20と、カム軸20に一体回転可能に設けられた二つのカム21と、各カム21に対応してロッカーアーム軸23の回りに揺動可能に支持された一対のロッカーアーム24とを備えている。カム21はカム軸20と同軸の円弧状のベース円21bの一部を半径方向外側に向かって膨らませてノーズ21aを形成した板カムの一種として形成されている。カム21のプロファイルはその全周に亘って負の曲率が生じないように、つまり半径方向外側に向かって凸曲面を描くように設定されている。

【0020】

各カム21はロッカーアーム24の一端部24aと対向する。各吸気弁2はバルブスプリング28の圧縮反力によってロッカーアーム24側に付勢され、それらにより吸気ポートのバルブシート（不図示）に吸気弁2が密着して吸気ポートが閉じられる。ロッカーアーム24の他端部24bはアジャスター29と接している。アジャスター29がロッカーアーム24の他端部24bを押し上げることにより、ロッカーアーム24はその一端部24aが吸気弁2の上端部と接触した状態に保たれる。

【0021】

以上のカム機構14においては、モータ12の回転運動がギア列13を介してカム軸20に伝達されると、カム軸20と一体にカム21が回転し、ノーズ21aがロッカーアーム24

ム 24 を乗り越える間にロッカーアーム 24 がロッカーアーム軸 23 の回りに一定範囲で揺動する。これにより、ロッカーアーム 24 の一端部 24a が押し下げられ、吸気弁 2 がバルブスプリング 28 に抗して開閉駆動される。

【0022】

動弁機構 11A には、トルク低減機構 40 が設けられている。トルク低減機構 40 は、バルブスプリング 28 が吸気弁 2 を閉方向に押し戻す力に基づいてカム機構 14 に作用するトルク（バルブスプリングトルクと呼ぶ。）を低減するために設けられている。トルク低減機構 40 は、カム軸 20 と一体に回転可能な反位相カム 41 と、その反位相カム 41 と対向して配置されたトルク付加装置 42 とを備えている。反位相カム 41 にはバルブスプリングトルクに基づいた形状のカム面が形成されており、このカム面にトルク付加装置 42 からバルブスプリングトルクと逆位相で相補的な力が付加されることで、カム機構 14 に作用するバルブスプリングトルクが相殺される。

【0023】

図 1 に示すように、動弁装置 11A、11B のモータ 12 の動作は電動機制御手段としてのモータ制御装置 30 により制御される。モータ制御装置 30 は、マイクロプロセッサとその動作に必要な主記憶装置等の周辺部品とを備えたコンピュータユニットである。モータ制御装置 30 はその ROM に記憶された弁制御プログラムに従って各モータ 12 の動作を制御する。なお、図 1 では一つのシリンダ 1 の動弁装置 11A、11B を示しているが、モータ制御装置 30 は他のシリンダ 1 の動弁装置 11A、11B に対しても共用され、モータ制御装置 30 は動弁装置毎にモータ制御装置 30 が設けられてもよい。モータ制御装置 30 は動弁装置 11A、11B の制御専用に使われてもよいし、他の用途と併用されてもよい。例えば、内燃機関の燃料噴射量を制御するエンジンコントロールユニット（ECU）をモータ制御装置として兼用してもよい。

【0024】

モータ制御装置 30 には、情報入力手段として、排気ガスの空燃比に対応した信号を出力する A/F センサ 31、吸入空気量を調整するスロットルバルブの開度に対応した信号を出力するスロットル開度センサ 32、アクセルペダルの開度に対応した信号を出力するアクセル開度センサ 33、吸入空気量に対応した信号を出力するエアフローメータ 34、クランク軸の角度に対応した信号を出力するクランク角センサ 35 等が接続されている。なお、モータ 12 の制御には、これらのセンサによる実測値に代えて所定の関数式やマップから求めた値を使用してもよい。また、モータ 12 に内蔵された位置検出センサ 12a の出力信号もモータ制御装置 30 に入力される。

【0025】

次に、モータ制御装置 30 によるモータ 12 の制御について説明する。なお、以下では、一つのシリンダ 1 の吸気弁 2 を駆動するためのモータ 12 の制御について説明するが、他の吸気弁 2 を駆動するモータ 12 の制御についても同様である。図 3 はモータ 12 の出力トルクを制御するためにモータ制御装置 30 が実行するモータ制御ルーチンを示している。このモータ制御ルーチンにおいて、モータ制御装置 30 はまずステップ S1 で各センサ 31～35 の出力を参照して内燃機関の運転状態を判別し、続くステップ S2 で吸気弁 2 に対するカム 21 の駆動モードを判別する。

【0026】

カム 21 の駆動モードには、モータ 12 を一方向に連続回転させて図 4（a）に示すようにカム 21 を最大リフト位置、すなわちカム 21 のノーズ 21a が相手側の部品（この場合はロッカーアーム 24）と接する位置を超えて正転方向（図中の矢印方向）に連続的に回転させる正転駆動モードと、吸気弁 2 のリフト途中（シリンダ 1 を開く途中）にモータ 12 の回転方向を切り替えて図 4（b）に示すようにカム 21 を往復運動させる揺動駆動モードとがある。なお、揺動駆動モードにおけるカム 21 の回転方向の切り替えはカム 21 が正転駆動モードにおける最大リフト位置に達する前に行われる。

【0027】

また、カム 21 の駆動モードは、例えば図 5 に示したように内燃機関の回転数と出力ト

ルクとに関連付けて使い分けられる。図5では基本的に低回転領域で揺動駆動モードが選択され、高回転領域で正転駆動モードが選択されるが、両モードの境界の回転数は内燃機関の出力トルクが高い程低回転側に偏るように調整されている。図3のステップS2では、クランク角センサ35の出力から機関回転数を割り出すとともに、スロットル開度センサ32が検出するスロットル開度やエアフローメータ34が検出する吸入空気量に基づいて出力トルクを推定し、得られた機関回転数及び出力トルクに対応するモードを図5のマップ（実際にはROMに格納されたマップのデータ）から判別すればよい。

【0028】

ステップS2で駆動モードを判別した後はステップS3へ進み、内燃機関の運転状態及びカム21の駆動モードに応じたモータ出力トルクを演算する。例えば、内燃機関の運転状態から、吸気弁2に与えるべき動弁特性（位相及び作用角）を決定し、その決定された動弁特性を実現するために必要なモータ12の出力トルクを演算する。ステップS3において、吸気弁2の動弁特性やモータ12の出力トルクは適当な期間を対象として定めてよい。例えば、内燃機関における吸気、圧縮、膨張、及び排気の4行程を図3の制御ルーチンの演算周期に対応させ、その演算周期毎に動弁特性及び出力トルクを決定すればよい。この場合、図3の制御ルーチンを繰り返し実行することにより、4行程が完了する毎にモータ12に対する出力トルクが内燃機関の運転状態に応じて更新される。

【0029】

吸気弁2の動弁特性からモータ12の出力トルクは次のように求めることができる。吸気弁2に与えるべき動弁特性が定まれば、その動弁特性に従ってクランク角と吸気弁2のリフト量との関係が一義的に定まり、そのリフト量を微分すれば吸気弁2に与えるべきリフト速度とクランク角との対応関係が求められる。吸気弁2のリフト速度はカム21のカムプロファイルに基づいてカム軸20の回転速度に置き換えることができるので、吸気弁2の動弁特性が決まればそれに基づいてカム軸20に与えるべき回転速度とクランク角との対応関係も一義的に定められる。但し、吸気弁2のリフト速度とカム軸20の回転速度との対応関係はカム21の駆動モードによって異なるが、詳細は後述する。

【0030】

以上のようにして得られた回転速度を微分してモータ12がカム軸20に与えるべき加速度を求め、そのような加速度を得るために必要なモータ12の出力トルクを演算すればよい。なお、吸気弁2に同期して往復運動する各種の動弁系部品（ロッカーアーム24等）から負荷される慣性トルクを考慮してモータ12の出力トルクを定めたならば、制御精度が向上して好ましい。慣性トルクは吸気弁2のリフト速度、加速度が上昇する高回転時にその影響が大きくなるため、特に高回転時に選択される正転駆動モードにおいてこのトルクの影響を考慮することが望ましい。反対に、低回転時に選択される揺動駆動モードでは慣性トルクを無視してモータ12の出力トルクを定めてもよい。

【0031】

図3のステップS3においてモータ12の出力トルクを演算した後はステップS4へ進み、演算されたトルクをモータ12の駆動回路（不図示）に対してトルク指令値として出力する。その出力後は一旦ルーチンを終え、次の演算周期の開始を待って図3のルーチンを再開する。モータ制御装置30からトルク指令を受け取った駆動回路はそのトルク指令に従って次の駆動周期でモータ12に供給すべき電流を制御する。これにより、内燃機関の運転状態に適した特性で吸気弁2が開閉駆動される。

【0032】

次に、図6～図16を参照して、動弁装置11Aによるカム21の動作制御に関する種々の形態を説明する。図6は正転駆動モード及び揺動駆動モードのそれぞれにおけるクランク角 θ 、吸気弁2のリフト量 y 、カム21の回転速度（回転数と呼ぶことがある。） N_c 、及びモータ12の出力トルク T_m との対応関係を示している。リフト量 y は上側ほど開方向に増加することを示す。カム回転数はカム回転数 $N_c = 0$ の位置よりも上側ほど回転数が正転方向に増加する。トルク T_m は横軸がトルク $T_m = 0$ に対応し、上側ほどトルク T_m が正転方向に増加する。

【0033】

(正転駆動モードにおける基本的制御)

図6に示した正転駆動モードでは、カム21をクランク軸の回転数(クランク回転数と呼ぶ。)の $1/2$ の回転速度(これを基本速度と呼ぶ。) N_b で回転させている。この際、カム21はモータ12によって駆動されるが、カム21に作用するバルブスプリングトルクがトルク低減機構40によって相殺されるので、モータ12の出力トルク T_m はほぼ0になる。このようにして得られる吸気弁2のリフト量 y の変化は、例えばクランク軸とカム軸20とを減速比 $1/2$ の伝達機構を介して機械的に駆動した場合に得られるリフト量の変化に等しい。

【0034】

(揺動駆動モードにおける制御)

一方、揺動駆動モードにおいては、リフト開始位置 P_s よりも前の段階からカム21の回転を開始し、リフト開始位置 P_s では基本速度 N_b までカム21の回転数 N_c を上昇させている。言い換えれば、リフト開始位置 P_s におけるカム21の初速度が基本速度 N_b と一致するようにリフト開始前からカム21の駆動を開始している。その後、暫く基本速度 N_b でカム21を正転させ、最大リフト位置 P_p よりも早い第1切替位置 P_a でカム21の回転数 N_c を減少させ、最大リフト位置 P_p にてカム21を回転数 $N_c = 0$ の一旦停止状態とした後は、カム21の回転方向を逆転方向に切り替えて回転速度を徐々に増加させている。そして、カム21の逆転方向への回転数が基本速度 N_b に達した第2切替位置 P_b からリフト終了位置 P_e までカム21を逆転方向に基本速度 N_b で回転させ、リフト終了位置 P_e でカム21の減速を開始してその後にカム21を停止させている。このような動作をカム21に与えることにより、カム21のリフト開始位置 P_s から切替位置 P_a までの間、切替位置 P_b からリフト終了位置 P_e までの間は、クランク角とリフト量との対応関係を正転駆動モードにおけるそれと一致させることができる。図6の揺動駆動モードでは、カム21が低速で駆動されるために慣性トルクを無視してもよく、その場合のモータ21の出力トルクはカム21を加速する間はクランク角に比例して増加し、カム21を減速する間はクランク角に比例して減少するような波形を描く。

【0035】

図6の揺動駆動モードにおいては、最大リフト位置 P_p に達するよりも前にカム21の減速を開始しているため、最大リフト位置 P_p における吸気弁2のリフト量が正転駆動モードにおけるそれよりも幾らか小さくなる。但し、リフト量の差 Δy は、図6に想像線で示した比較例、すなわちリフト開始位置 P_s からカム21の駆動を開始し、リフト終了位置 P_e にてカム21を停止させる制御を行った例に対して小さくなる。しかも、比較例と対比において、吸気弁2のリフト量の特長図が最大リフト位置 P_p を境として左右に広がり、その結果として吸気弁2のリフト動作に関する時間面積が増加している。このため、最大リフト量が正転駆動モード時よりも減少しているにも拘わらず、時間面積を十分に確保してシリンダ1への吸気の充填効率の悪化を防止することができる。なお、時間面積はクランク角を示す横軸と、リフト量の変化を示す曲線とに囲まれた範囲の面積であり、リフト量を積分することによって与えられる。

【0036】

図7はリフト開始位置 P_s から第1切替位置 P_a まで、及び第2切替位置 P_b からリフト終了位置 P_e まで、カム21をそれぞれ基本速度 N_b よりも高い一定速度で駆動する例である。比較のため、図6の揺動駆動モードにおける波形を想像線で示している。図6の揺動駆動モードではカム21の最高速度を基本速度 N_b としているので、作用角(位置 $P_s \sim P_e$ 間のクランク角)が一定であれば、正転駆動モード時と比較して最大リフト量が小さくなる。しかし、図7の例によれば吸気弁2のリフト速度が図6の正転駆動モード時におけるそれよりも高くなり、揺動駆動モードにおける作用角を正転駆動モードの作用角と一致させつつ最大リフト量を正転駆動モード時のそれと一致させることができる。なお、図7のリフト開始位置 P_s から最大リフト位置 P_p までの間において、カム21の回転数を示す線図と基本速度との間に生じる二つのハッチング領域 A_1 、 A_2 の面積が互いに

等しくなり、かつ、最大リフト位置 P_p からリフト終了位置 P_e までの間において、カム 21 の回転数を示す線図と基本速度（但し、逆転方向）との間に生じる二つのハッチング領域 A3、A4 の面積が互いに等しくなるようにカム 21 の回転数を設定すれば、吸気弁 2 のリフト量に関する時間面積を正転駆動モード時におけるそれと完全に一致させることができる。

【0037】

図 8 は、図 6 及び図 7 にそれぞれ示した揺動駆動モード時のカム制御を行った場合に得られる吸気弁 2 の最大リフト量と機関回転数との対応関係を、図 6 に想像線で示した比較例の場合とともに示した線図である。図 8 から明らかなように、揺動駆動モードでは機関回転数がある限度を超えて上昇すると制御の応答性が不足して最大リフト量が急激に低下する傾向が見られるが、図 6 及び図 7 の例によれば比較例よりもその低下傾向を緩和でき、特に図 7 の制御を行えば揺動駆動モードをより高回転域に適応させることができる。図 6 又は図 7 のようにカム 21 を制御することにより、モータ制御装置 30 は本発明の揺動制御手段として機能する。

【0038】

（正転駆動モードにおける制御）

次に、図 9 を参照して正転駆動モードにおけるカム 21 の制御を説明する。図 6 の正転駆動モードではカム 21 を基本速度にて連続的に駆動しているが、リフト途中にカム 21 の速度を変化させることにより吸気弁 2 の作用角を適宜に変化させることができる。図 9 の例ではリフト開始位置 P_s よりも早期にカム 21 の加速を開始してリフト開始位置 P_s のカム 21 の初速度を基本速度 N_b と一致させ、その後のリフト途中もカム 21 が基本速度 N_b よりも高い所定速度に達するまで加速を続け、その後は所定速度でカム 21 を定速回転させ、最大リフトが得られた後の適当な時期にカム 21 を減速することにより、吸気弁 2 のリフト終了位置 P_e を図 6 に示した基本的な制御例（図中に想像線で示す。）の場合よりも早い位置に移動させている。これにより、図 6 の場合と比較して作用角が減少する。吸気弁 2 のリフト途中に基本速度 N_b よりも高速でカム 21 を正転させているため、リフト終了位置 P_e から次のリフト開始位置 P_s までの間は基本速度よりも低い速度でカム 21 を駆動する必要がある。但し、この間はベース円 21b がロッカーアーム 24 上を滑るか又はベース円 21b がロッカーアーム 24 から離れているので、基本速度よりも低速でカム 21 を駆動しても吸気弁 2 の動作には何ら影響が生じない。この際、モータ 12 にはカム 21 の加減速時にトルクが要求されるので、モータ 12 の出力トルクは、図 9 に示したような波形になる。

【0039】

図 10 は、正転駆動モードにおけるカム 21 の制御の他の例を示す。なお、図 10 の想像線は図 6 における正転駆動モードの例である。図 10 の制御では、カム 21 の加速をリフト開始位置 P_s までに完了し、リフト開始位置 P_s におけるカム 21 の初速度を基本速度 N_b よりも高い所定速度に一致させている。また、リフト開始位置 P_s からリフト終了位置 P_e まではカム 21 が所定速度に維持され、カム 21 の減速はリフト終了位置 P_e から開始される。図 9 のように吸気弁 2 のリフト途中にカム 21 を加速又は減速する場合に、動弁系部品の慣性の影響で応答性が損なわれるのでカム 21 の速度の変化量をあまり大きく取ることができず、吸気弁 2 の作用角の調整が比較的狭い範囲に制限される。しかし、図 10 のようにカム 21 のベース円 21b がロッカーアーム 24 と対向している間に限ってカム 21 の加速及び減速を行い、リフト中はカム 21 を一定速度で駆動するようにすれば、慣性の影響を抑え、吸気弁 2 の作用角をより広い範囲で調整できるようになる。

【0040】

以上説明したように、図 9 又は図 10 の如くモータ 12 を制御することにより、モータ制御装置 30 は本発明の正転制御手段として機能する。但し、本発明の正転制御手段は、作用角を減少させるようにカム 21 を動作させるものに限らない。リフト開始前にカム 21 を減速し、リフト終了後にカム 21 を加速すれば、図 6 の場合と比較して作用角を拡大することができる。また、図 9 及び図 10 では最大リフト位置 P_p を挟んでカム 21 のリ

フト量を対称的に変化させているが、これに限らず例えば図 11 に示すように、最大リフト位置 P_p を挟んで前後で非対称にカム 21 の速度を変化させることにより、最大リフト位置 P_p に対して吸気弁 2 のリフト量を非対称に変化させることもできる。ちなみに、図 11 の例では吸気弁 2 が開く過程のカム 21 の回転速度を吸気弁 2 が閉じる過程のカム 21 の回転速度よりも高く設定することにより、吸気弁 2 を高速で開動作させる一方で、閉じ動作は比較的低速で行うようなリフト特性を与えている。

【0041】

(モード切替時における制御)

次に、図 12～図 14 を参照して正転駆動モードと揺動駆動モードとを切り替える際のカム 21 の好ましい制御について説明する。以下に述べる制御を行うことにより、モータ制御装置 30 は本発明の切替制御手段として機能する。上述した図 5 では内燃機関の回転数と出力トルクとによって正転駆動モード又は揺動駆動モードのいずれかを選択するようにした。しかし、両モードでは吸気弁 2 に与えられるリフト特性（特に最大リフト量）が異なるため、カム 21 の駆動モードが切り替わる際にその影響で吸気量が断続的に変化してドライバビリティに影響が生じるおそれがある。そこで、図 12 に示したようにカム 21 の制御を揺動駆動モードから正転駆動モードへ切り替える際に、吸気弁 2 の時間面積（バルブ時間面積）を徐々に増加させるとともにスロットル量を徐々に減少させ（区間 B1）、バルブ時間面積を正転駆動モードにおけるそれと一致させ（区間 B2）、その後正転駆動モードへの切り替えを実行する（区間 B3）。具体的には次のような制御が好ましい。

【0042】

揺動駆動モードにおいて実現可能な最大リフト量を与えたときのリフト特性が図 13 に想像線で示す通りであった場合、揺動駆動モードが選択された場合には、まず同図に実線で示すような最大リフト量を小さく制限したリフト特性が得られるようにカム 21 を揺動させる。この場合、吸気弁 2 の時間面積が減少するため、モータ制御装置 30 からスロットル弁 36（図 1 参照）に対して開指令を与えてスロットル弁 36 の開度を増加させる。これにより、スロットル弁 36 を小開度に制御した場合の吸気のポンピングロスが低減される。なお、モータ制御装置 30 によるスロットル弁 36 の制御は、スロットル開度を制御する他のコンピュータが存在する場合にはそのコンピュータに対してスロットル開度を増加させる指示を与えることにより実現すればよい。

【0043】

上記のようにリフト量を制限した状態から正転駆動モードへと制御が切り替わる際には、図 13 に想像線で示すリフト特性に向かって徐々にリフト量を増加させ、それにより図 13 に示すようにバルブ時間面積を徐々に増加させる。この操作に同期してスロットル弁 36 の開度（スロットル量）を減少させて吸気量の変化を抑える。そして、図 14 に示すように揺動駆動モードにおける吸気弁 2 の時間面積を正転駆動モードにおけるそれと一致させ、その後正転駆動モードへの切り替えを実行する。このような制御によれば、吸気量を不連続に変化させることなくカム 21 の駆動モードを切り替えることができる。なお、上記では揺動駆動モードから正転駆動モードへの切り替えを例に挙げたが、正転駆動モードから揺動駆動モードへの切替時には上記と逆の制御、すなわちバルブ時間面積を一致させた状態で駆動モードを切り替え、その後揺動駆動モードにおけるリフト量を徐々に減少させつつスロットル弁 36 の開度を増加させればよい。

【0044】

以上では、揺動駆動モードにおいてリフト量を意図的に小さく制御しているが、正転駆動モードにおいては、図 9 及び図 10 に示したように作用角を小さく制御することにより同様にバルブ時間面積を小さく抑え、それと引き替えにスロットル弁 36 の開度を増加させてポンピングロスの低減を図ることもできる。例えば、図 15 に示したように、正転駆動モードが適用される領域内で揺動駆動モードが適用される領域と隣接する位置に、作用角を小さく制御する正転小作用角制御領域が設定されたマップを図 5 に代えて用いてもよい。この場合にも、図 16 に示すように、揺動駆動モードから正転駆動モードへと切り替

える際には、まず揺動駆動モードにてバルブ時間面積が徐々に増加するようにリフト量を変化させるとともにスロットル弁36の開度（スロットル量）を徐々に減少させ（区間B1）、バルブ時間面積を正転駆動モードにおけるそれと一致させ（区間B2）、その後正転駆動モード（但し、正転小作用角制御領域）への切り替えを実行する（区間B4）。

【0045】

なお、正転小作用角制御領域を挟む場合には、図17に示したように区間B2において、揺動駆動モードにおける最大リフト量を正転小作用角制御領域におけるそれよりも小さく抑える一方で、揺動駆動モードにおける作用角を正転小作用角制御領域におけるそれよりも拡大することにより、両者のバルブ時間面積を一致させることになる。この場合、揺動駆動モードにおける最大リフト位置 P_p と正転小作用角領域における最大リフト位置 P_p とを一致させることが望ましい。

【0046】

正転小作用角領域を設ける場合において、図17に示すようにモード切換時におけるバルブ時間面積を一致させ得る限りは、揺動駆動モードにおけるリフト量の増加とスロットル量の低減とは必ずしも実行する必要はない。しかしながら、正転駆動モードにおいて実現可能な作用角の範囲には、応答性の観点から内燃機関の回転数に応じた下限値が存在する。こうした下限値の存在により正転小作用角領域におけるバルブ時間面積にも下限があり、揺動駆動モードにおけるリフト量の設定によっては、リフト量を変更することなく時間面積を一致させることが不可能なことがある。このような場合には図16の区間B1における制御が必須となる。

【0047】

（揺動駆動モードにおけるカムの動作の他の例）

図18及び図19は揺動駆動モードにおけるカム21の他の駆動方法を示している。上述した各形態では、図4(b)に示したように揺動駆動モードにおいてカム21をその一周よりも狭い範囲で往復回転させることにより、図4(b)にハッチングを付して示すようにカム21のノーズ21aから一方の側の範囲21cのみを使用している。これに対し、図18(a)～(c)に示した駆動方法では、カム21のノーズ21aの両側が交互に使用されるようにカム21を動作させている。すなわち、図18(a)に示すようにカム21を正転方向（＋方向）へ回転させてノーズ21aの片側の範囲21cを使用して吸気弁2をリフトさせた後、カム21を逆転方向（－方向）に駆動して吸気弁2を閉動作させ、その後もカム21を止めることなく図18(b)に示すように逆転方向へ継続して駆動する。そして、吸気弁2の次の開閉時期にはカム21を逆転させたままノーズ21aの反対側の範囲21dを使用して吸気弁2をリフトさせ、その後にカム21を正転方向へ戻して吸気弁2を閉じる。この後、カム21を正転方向へ続けて駆動させる。以上の動作を繰り返すことにより、カム21のノーズ21aの両側の範囲21c、21dを交互に使用して吸気弁2を開閉させることができる。

【0048】

図19は、上記のようにカム21を駆動する場合のクランク角 θ 、吸気弁2のリフト量 y 、カム21の回転数 N_c 、及びモータ12のトルク T_m の対応関係を示している。この例から明らかなように、カム21のノーズ21aに対する両側21c、21dを交互に使用する駆動方法によれば、吸気弁2の最大リフト位置 P_p を除いてカム21が常に回転しており、モータ12を停止させる頻度が少ない。従って、カム21の停止に起因するカム機構14の油膜切れを防止し、カム機構14の各部における潤滑性能を向上させることができる。また、潤滑性能の向上によって摩擦抵抗が減少し、モータ12をより小さい負荷で駆動することができる。さらに、モータ12の停止頻度が減少するため、モータ12が出力すべき実効トルクが小さくて足り、より小型のモータを選択することが可能となる。さらにカム21の両側21c、21dが等しく利用されて、偏摩耗が防がれる利点もある。

。

【0049】

以上の実施の形態では、吸気弁2の制御について説明したが、本発明は排気弁3の制御

にも適用できる。本発明は吸気行程の開始から排気行程の終了までの間に機関出力軸としてのクランク軸が2回転する4サイクル式の内燃機関に限らず、機関出力軸が1回転する間に吸気から排気までを完了する2サイクル式の内燃機関にも適用可能である。この場合、カムの基本速度は機関出力軸の回転速度と一致する。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】 本発明の動弁装置の概略構成を示す斜視図。

【図2】 図1のカム機構の詳細を示す図。

【図3】 図1のモータ制御装置が実行するモータ制御ルーチンの概要を示すフローチャート。

【図4】 正転駆動モード(a)、及び揺動駆動モード(b)におけるカムの動作を示す図。

【図5】 カムの各駆動モードの適用領域を示す図。

【図6】 正転駆動モード及び揺動駆動モードにおけるクランク角、吸気弁のリフト量、カムの回転数、及びモータの出力トルクの対応関係を示す図。

【図7】 揺動駆動モードにおけるカム制御の他の例を示す図。

【図8】 図6及び図7の揺動駆動モードによって得られる最大リフト量の限界を内燃機関の回転数と対応付けて示した図。

【図9】 正転駆動モードにおけるクランク角、吸気弁のリフト量、カムの回転数、及びモータの出力トルクの対応関係の他の例を示す図。

【図10】 図9に対して作用角がさらに減少するようにカムを動作させた例を示す図。

【図11】 最大リフト位置を挟んで非対称にカムの速度を設定した例を示す図。

【図12】 揺動駆動モードと正転駆動モードとの切替時における吸気弁の時間面積、カムの駆動モード及びスロットル量の対応関係を示す図。

【図13】 図12の区間B1におけるクランク角、吸気弁のリフト量、カム回転数及びモータの出力トルクの対応関係を示す図。

【図14】 図12の区間B2におけるクランク角、吸気弁のリフト量、カム回転数及びモータの出力トルクの対応関係を示す図。

【図15】 正転駆動モードが適用される領域内で揺動駆動モードが適用される領域と隣接する位置に、作用角を小さく制御する正転小作用角制御領域が設定された例を示す図。

【図16】 図15のように正転小作用角制御領域を設ける場合における揺動駆動モードと正転駆動モードとの切替時の吸気弁の時間面積、カムの駆動モード及びスロットル量の対応関係の他の例を示す図。

【図17】 図16の区間B2におけるクランク角、吸気弁のリフト量、カム回転数及びモータの出力トルクの対応関係を示す図。

【図18】 揺動駆動モードにおいて吸気弁の停止中に継続してカムを駆動する様子を示した図。

【図19】 図18の駆動方法を適用した場合の吸気弁のクランク角、リフト量、カム回転数及びモータの出力トルクの対応関係を示す図。

【符号の説明】

【0051】

1 シリンダ

2 吸気弁

3 排気弁

11A、11B 動弁装置

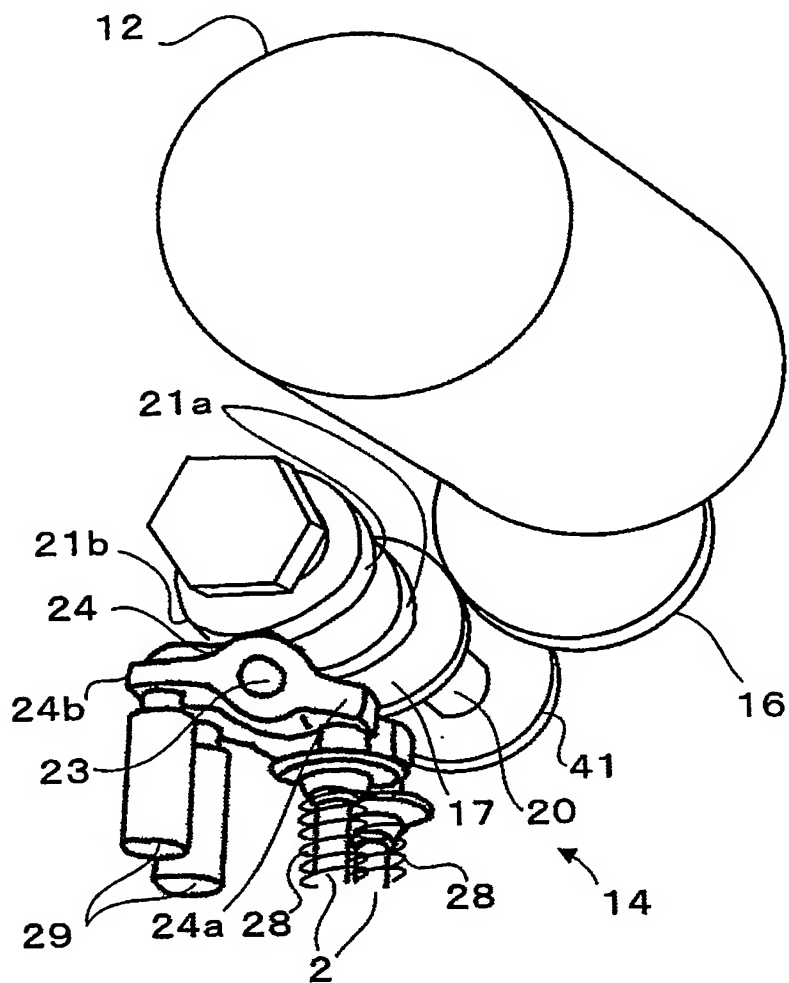
12 モータ(電動機)

20 カム軸

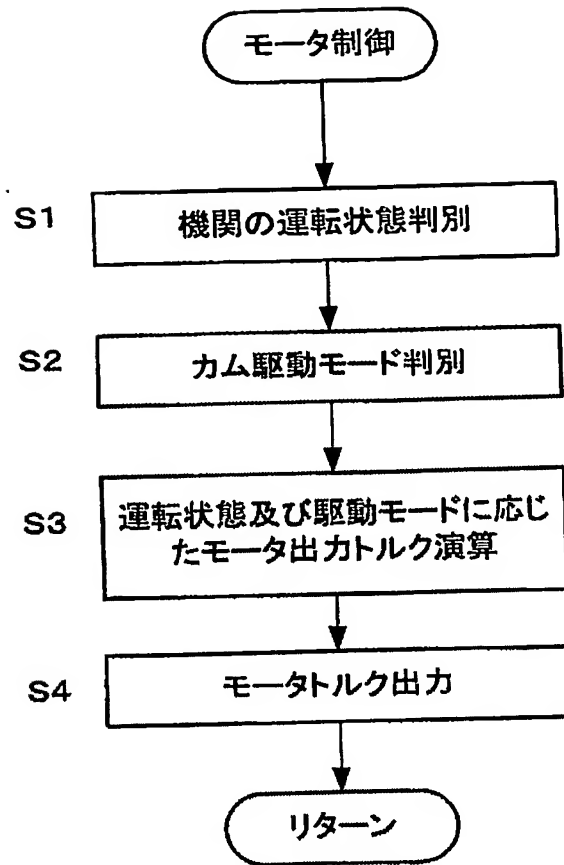
21 カム

- 2 1 a カムのノーズ
- 2 1 b カムのベース円
- 2 4 ロッカーアーム
- 2 8 バルブスプリング
- 3 0 モータ制御装置
- 3 6 スロットル弁

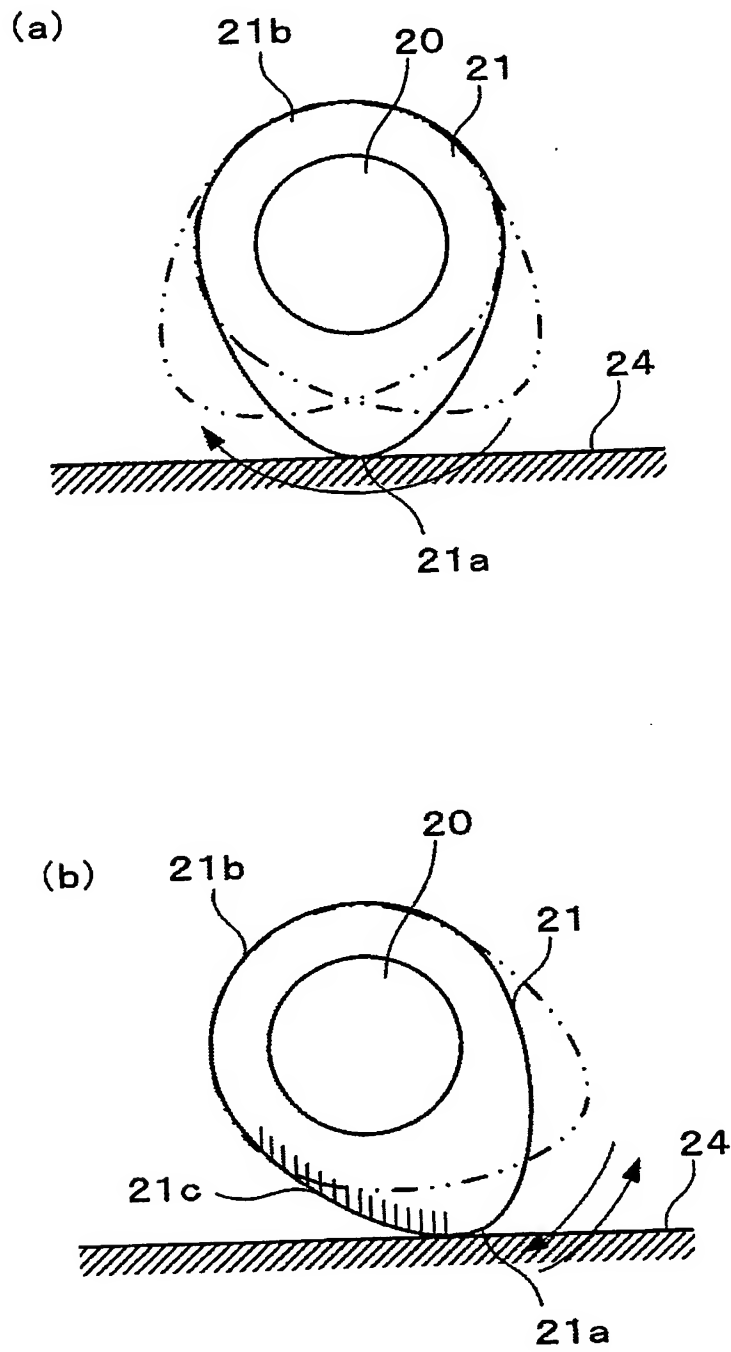
【図 2】



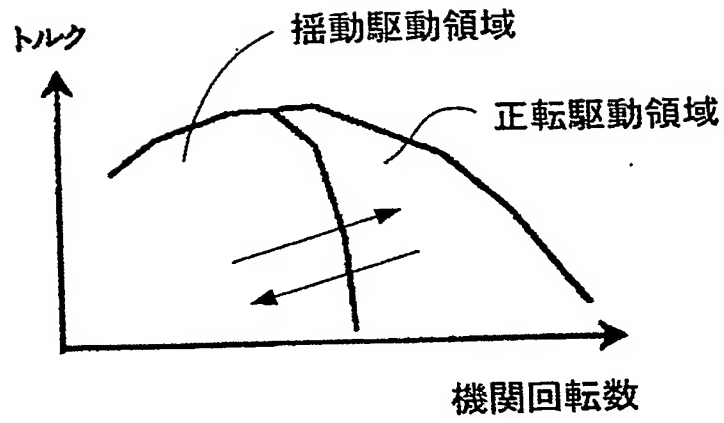
【図 3】



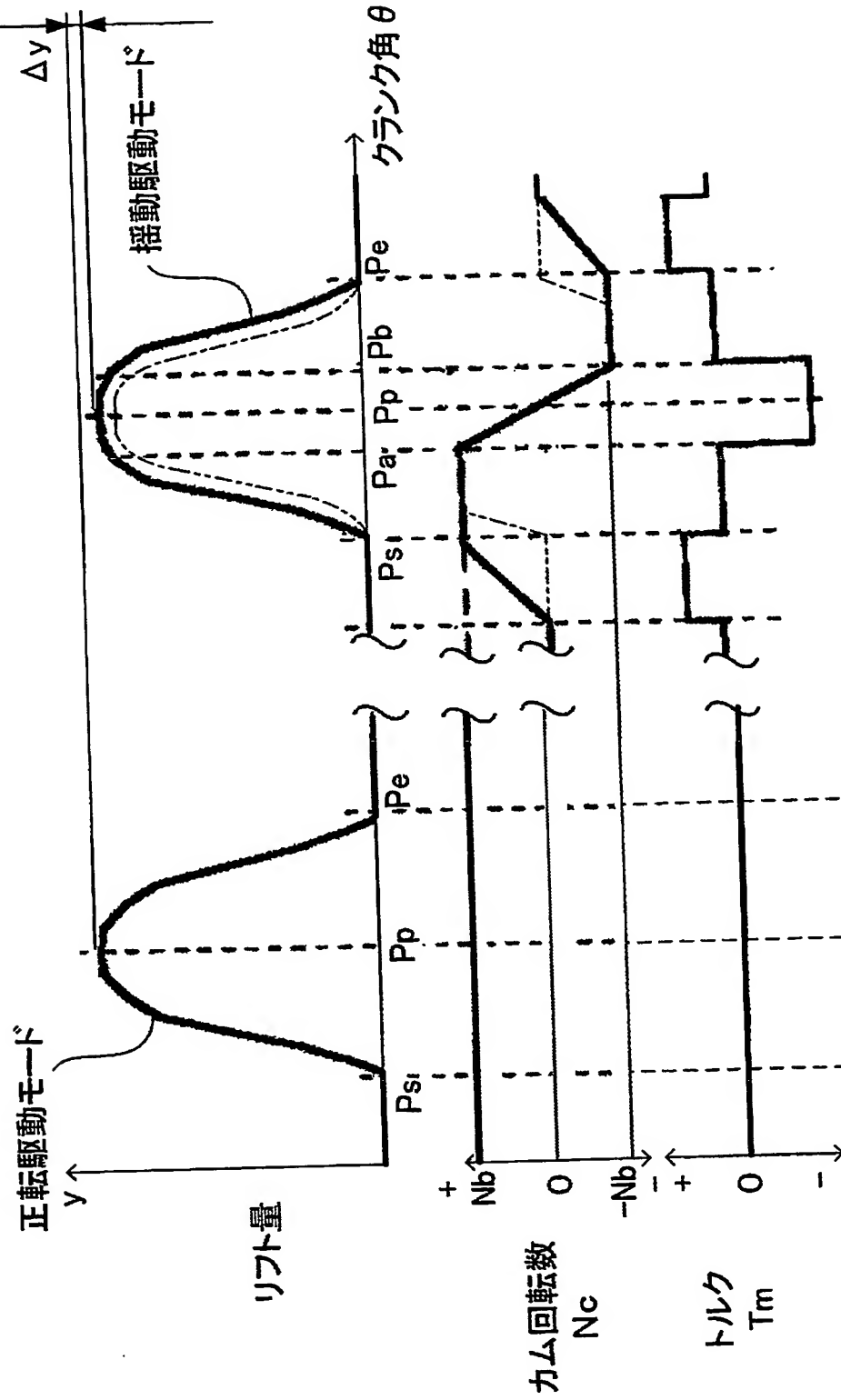
【図 4】



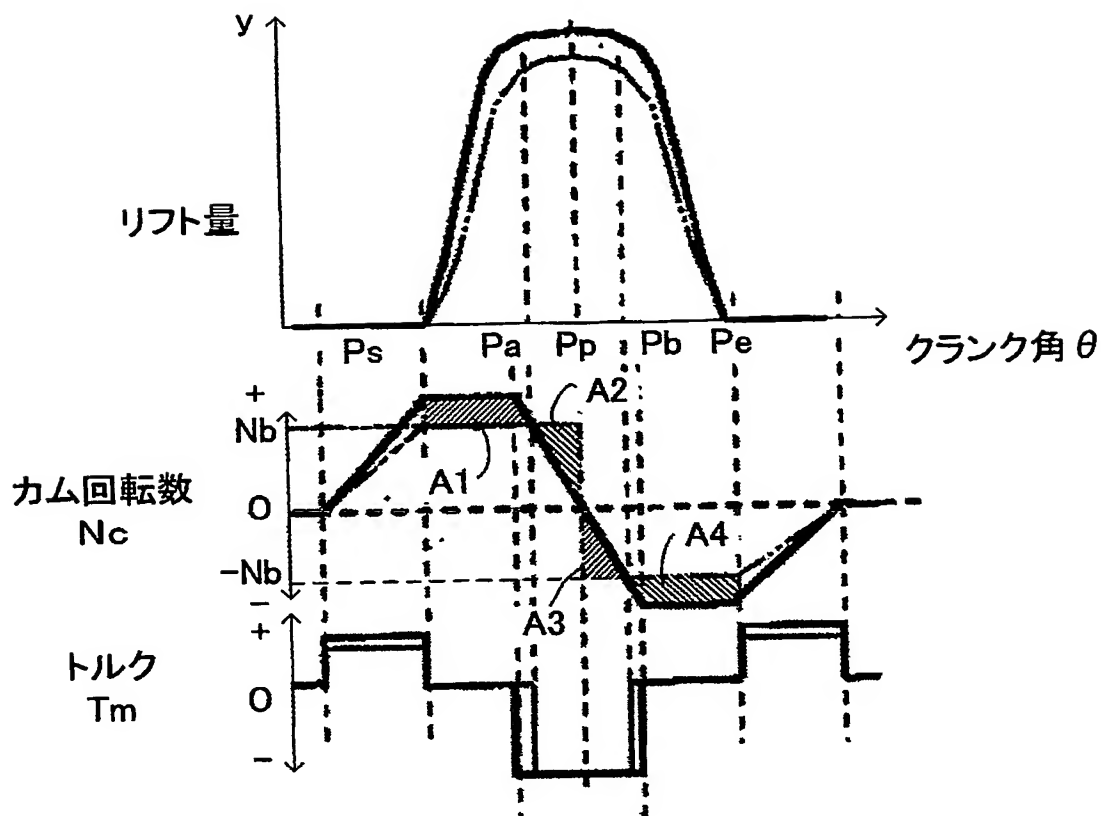
【図 5】



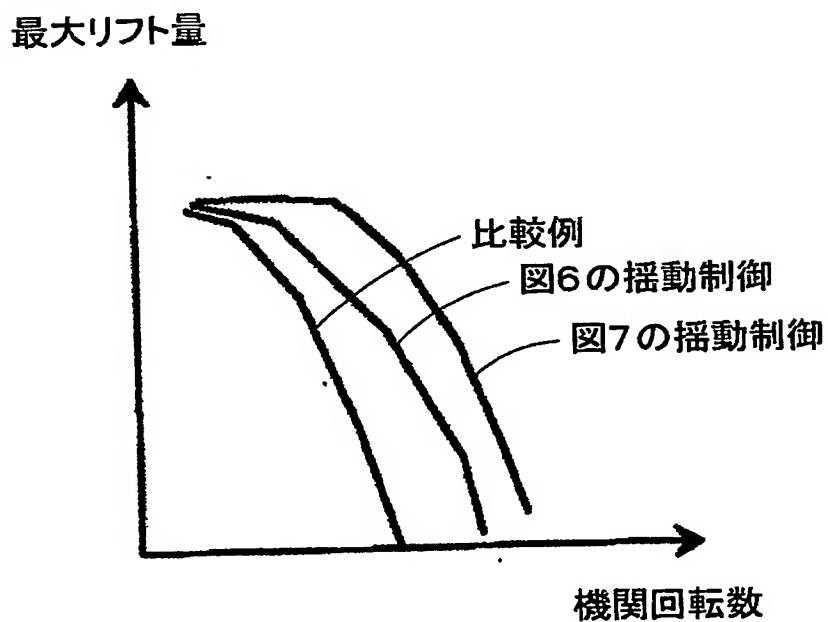
【図6】



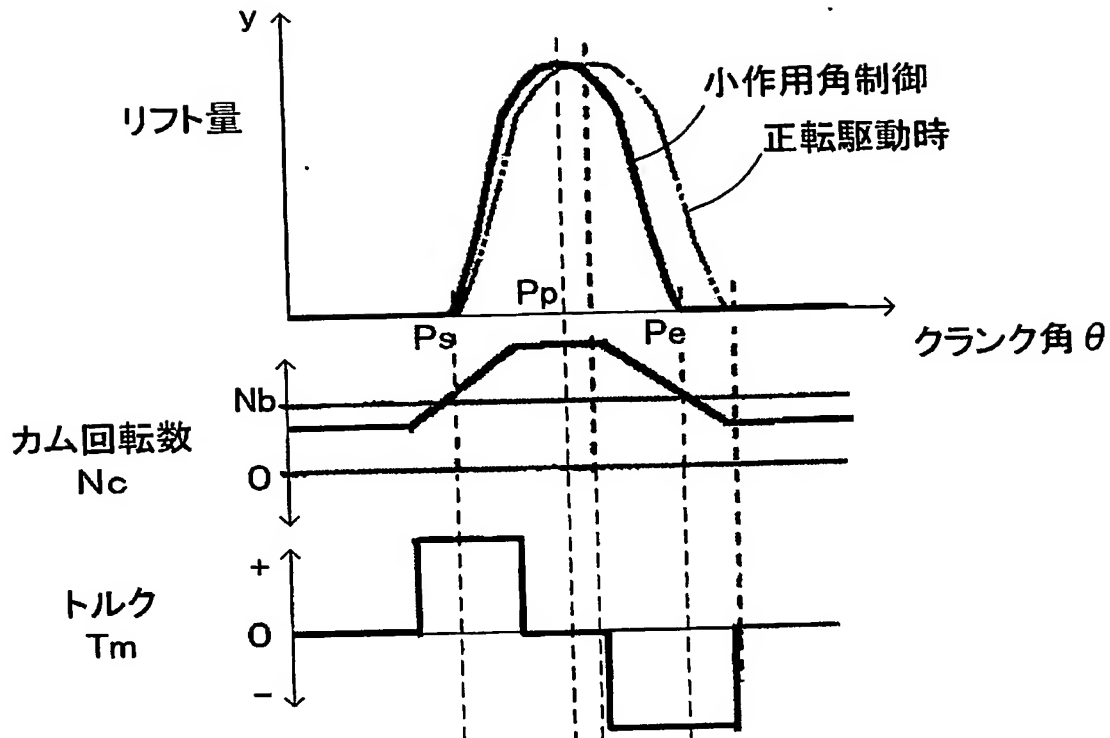
【図7】



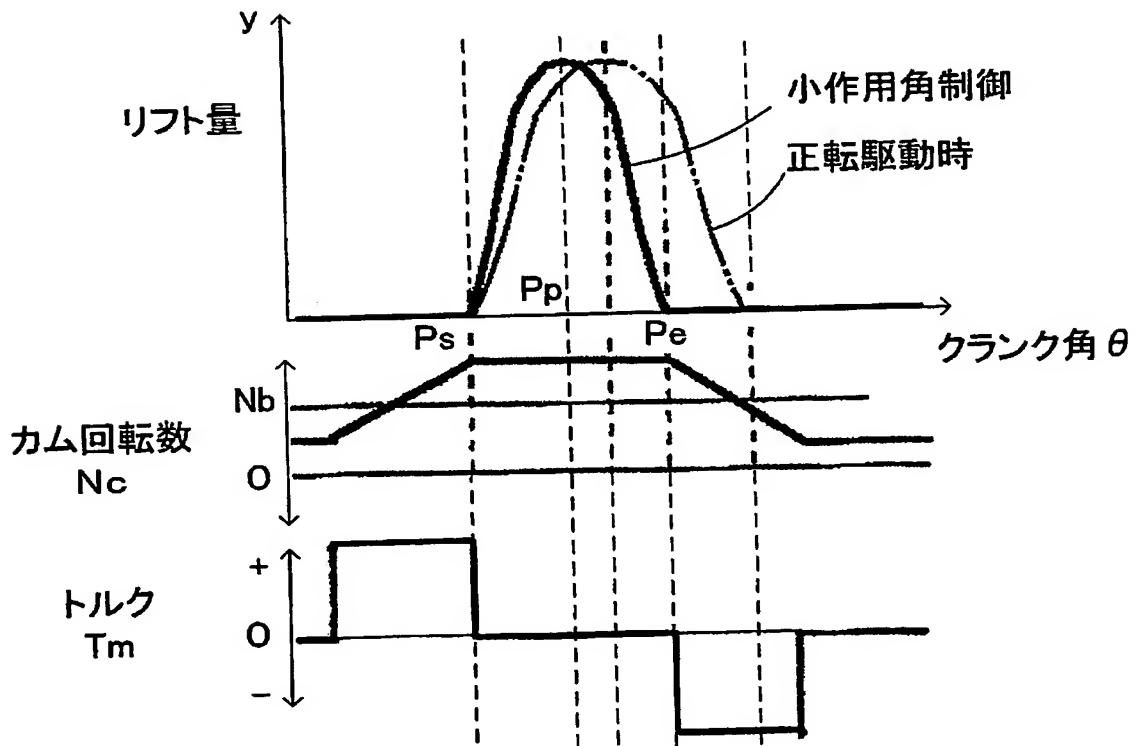
【図8】



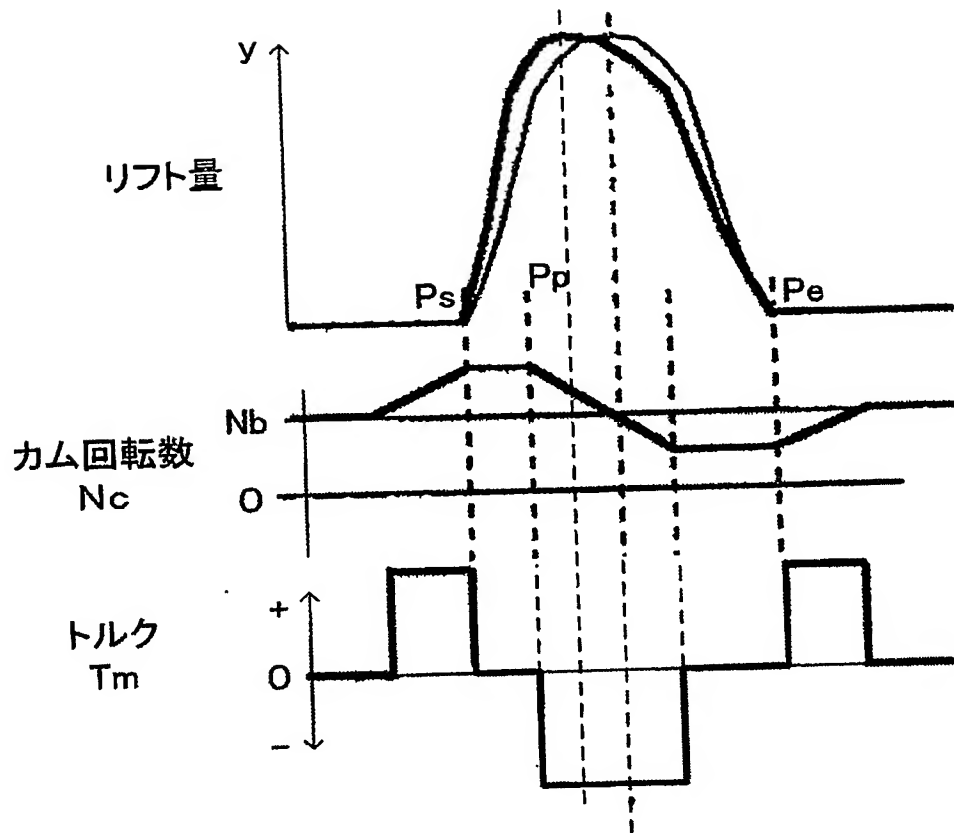
【図9】



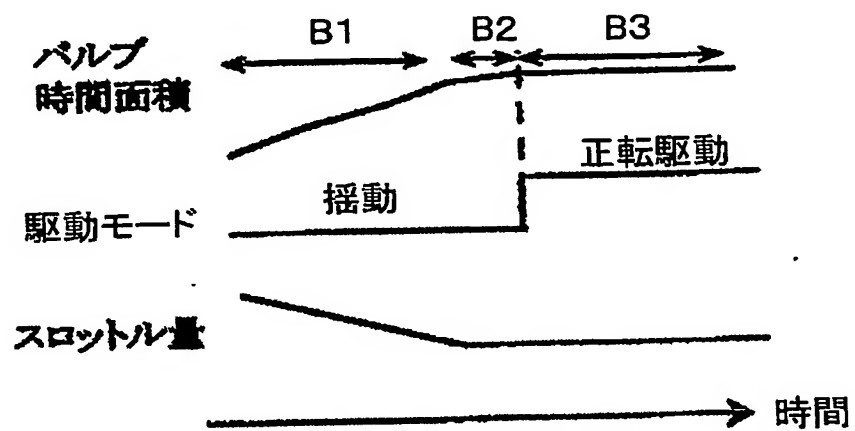
【図10】



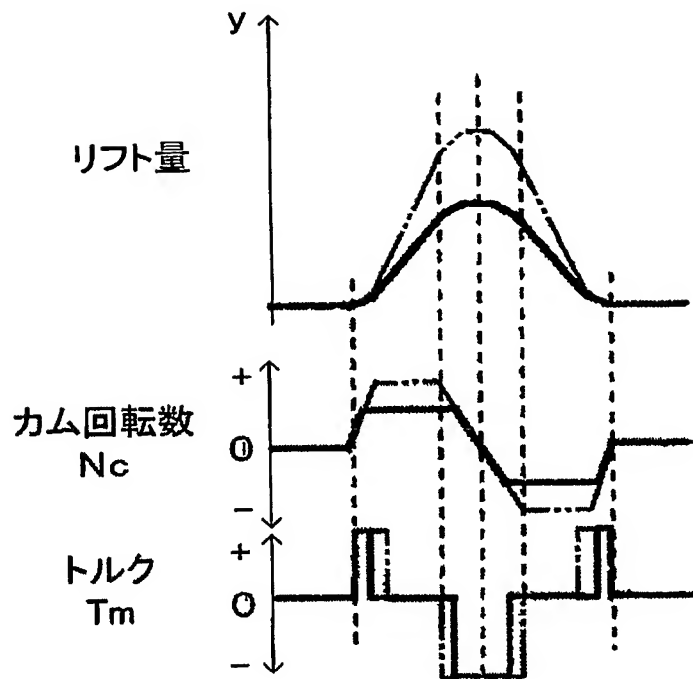
【図 11】



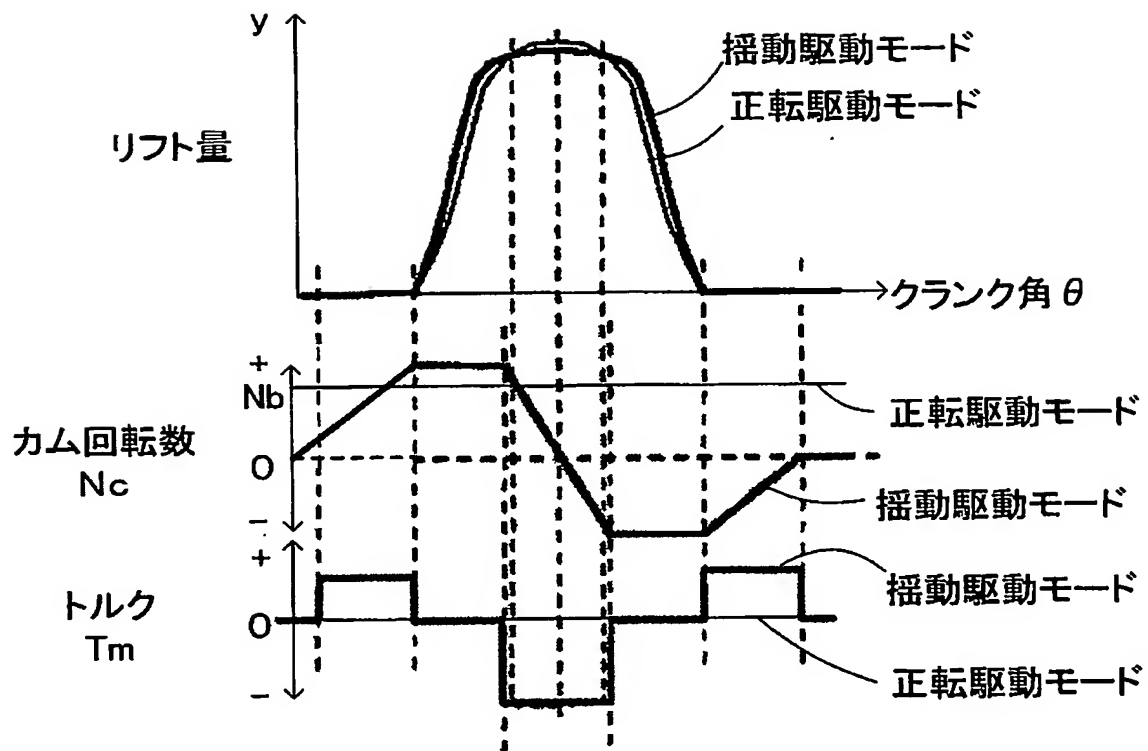
【図 12】



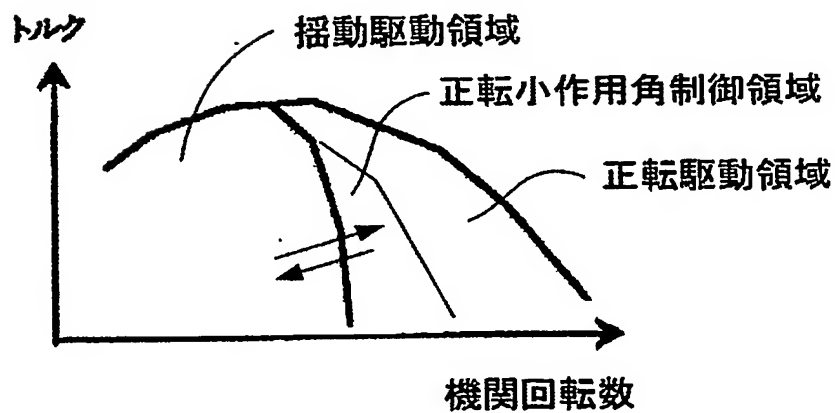
【図 13】



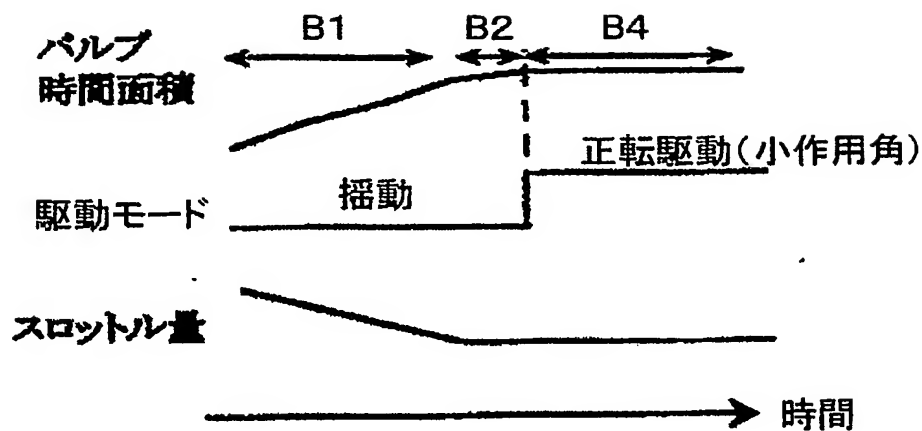
【図 14】



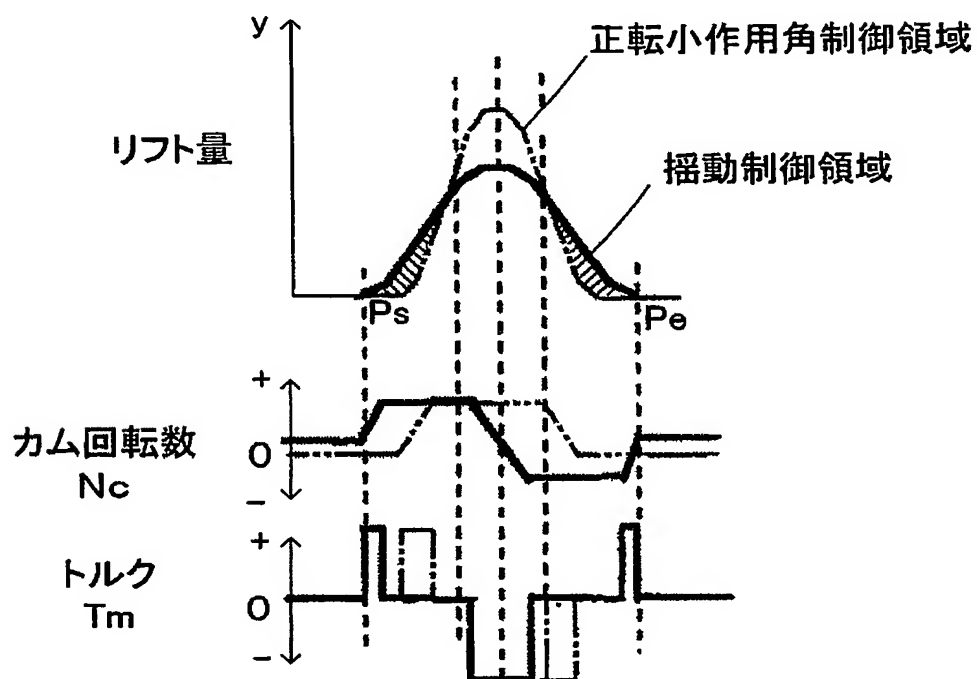
【図 15】



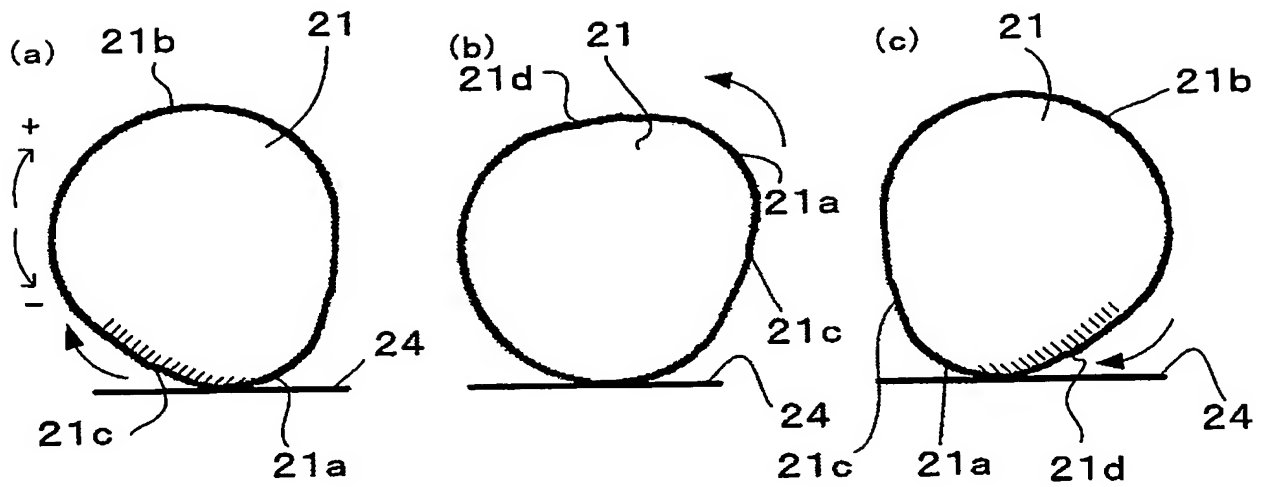
【図 16】



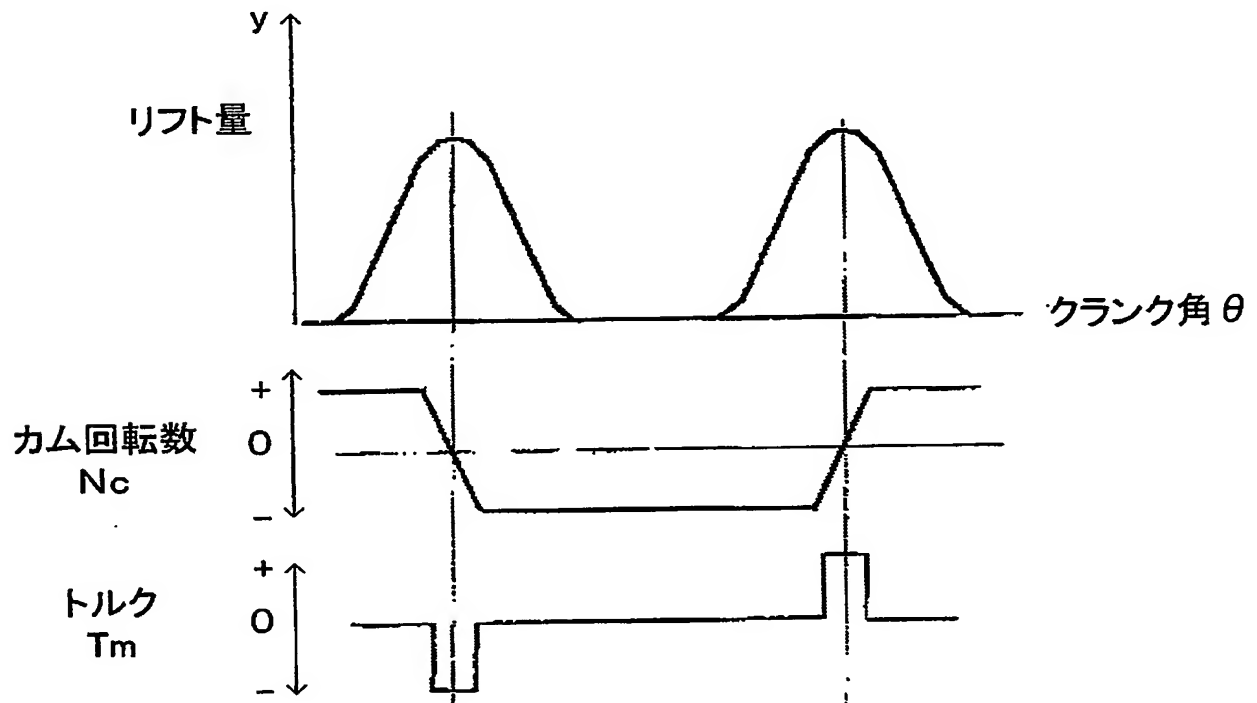
【図 17】



【図18】



【図19】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 モータにより弁の動作を適切に制御して性能向上を図ることが可能な内燃機関の動弁装置を提供する。

【解決手段】 モータ 12 の回転運動をカム 21 により直線運動に変換し、その直線運動によりシリンダ 1 の吸気弁 2 又は排気弁 3 を開閉駆動する内燃機関の動弁装置 11 A、11 B において、弁 2、3 のリフト中にカム 21 の回転方向を切り替える揺動駆動モードにてモータ 12 を動作させることが可能なモータ制御装置 30 を設ける。モータ制御装置 30 は、揺動駆動モードにて弁 2、3 のリフト開始前にカム 21 が回転を開始するようにモータ 12 の動作を制御する。

【選択図】 図 6

特願 2 0 0 3 - 4 1 5 6 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 2 0 7]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県豊田市トヨタ町 1 番地
氏 名	トヨタ自動車株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/018684

International filing date: 08 December 2004 (08.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-415686
Filing date: 12 December 2003 (12.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 04 February 2005 (04.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse